

REC'D 01 MAR 2004

WIPO

PCT



PCT/PTO 03 JUN 2005

PCT/FR 03/03692 #2

# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 03 DEC. 2003

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

DOCUMENT DE PRIORITÉ

PRÉSENTÉ OU TRANSMIS  
CONFORMÉMENT À LA  
RÈGLE 17.1.a) OU b)

Martine PLANCHE

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
www.inpi.fr

**REQUÊTE EN DÉLIVRANCE**

page 1/2

**BR1**

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 A - 210132

<b>REMISE DES PIÈCES</b> <b>DATE</b> 13 DEC 2002 <b>LIEU</b> 75 INPI PARIS <b>N° D'ENREGISTREMENT</b> 0215821 <b>NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI</b> <b>DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI</b> 13 DEC. 2002		<b>1</b> NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE TECHNOLOGIES DE L'ÉCHANGE THERMIQUE/TET 136 Boulevard Haussmann 75008 - PARIS	
---	--	---	--

Vos références pour ce dossier  
(facultatif)

<b>Confirmation d'un dépôt par télécopie</b> <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie	
<b>2</b> NATURE DE LA DEMANDE Demande de brevet <input checked="" type="checkbox"/> Demande de certificat d'utilité <input type="checkbox"/> Demande divisionnaire <input type="checkbox"/> <i>Demande de brevet initiale</i> N° _____ Date _____ <i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i> N° _____ Date _____ Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i> <input type="checkbox"/> N° _____ Date _____	

**3** TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)  
 ÉCHANGEUR THERMIQUE  
 PROCÉDES ET MOYENS DE FABRICATION  
 DE CET ÉCHANGEUR

<b>4</b> DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE	Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____
	Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____
	Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____
	<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»

<b>5</b> DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases) <input checked="" type="checkbox"/> Personne morale <input type="checkbox"/> Personne physique	
Nom ou dénomination sociale Prénoms Forme juridique N° SIREN Code APE-NAF	TECHNOLOGIES DE L'ÉCHANGE THERMIQUE Société Anonyme Simplifiée en cours de formation 136 Boulevard HAUSSMANN 75008 PARIS FRANCE
Domicile ou siège Rue Code postal et ville Pays	136 Boulevard HAUSSMANN 75008 PARIS FRANCE
Nationalité N° de téléphone (facultatif) Adresse électronique (facultatif)	01-56-88-16-16 N° de télécopie (facultatif) <input type="checkbox"/> S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»

**BREVET D'INVENTION  
CERTIFICAT D'UTILITÉ**

**REQUÊTE EN DÉLIVRANCE**  
page 2/2

**BR2**

Réserve à l'INPI

REMISE DES PIÈCES

DATE

**13 DEC 2002**

LIEU

**75 INPI PARIS**

N° D'ENREGISTREMENT

**02 15821**

NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

DB 540 W / 21C502

<b>6 MANDATAIRE</b> (facultatif)	
Nom	
Prénom	
Cabinet ou Société	
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel	
Adresse	Rue
	Code postal et ville
	Pays
N° de téléphone (facultatif)	
N° de télécopie (facultatif)	
Adresse électronique (facultatif)	
<b>7 INVENTEUR (S)</b>	
Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques	
Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes	<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>	
Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)	
Établissement immédiat ou établissement différé	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Paiement échelonné de la redevance (en deux versements)	Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>	
Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence) : AG	
<b>10 SÉQUENCES DE NUCLEOTIDES ET/OU D'ACIDES AMINÉS</b>	
<input type="checkbox"/> Cochez la case si la description contient une liste de séquences	
Le support électronique de données est joint	<input type="checkbox"/>
La déclaration de conformité de la liste de séquences sur support papier avec le support électronique de données est jointe	<input type="checkbox"/>
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes	
<b>11 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire) <b>Antoine LE MASSON</b> <b>Fondateur de Pouvoir de T.E.T.</b>	
<b>VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI</b> <b>M. MARTIN</b>	

BEST AVAILABLE COPY

## ECHANGEUR THERMIQUE

### PROCEDES ET MOYENS DE FABRICATION DE CET ECHANGEUR

5

L'invention se rapporte à un échangeur thermique, d'un type entièrement nouveau, ainsi qu'à ses procédés et à ses moyens de fabrication.

Les échangeurs de chaleur entre deux fluides sont utilisés partout où l'on a besoin de récupérer ou d'évacuer de la chaleur, sans pour autant mélanger le fluide qui la transporte avec le fluide qui l'évacue.

- 10 Dans les échangeurs thermiques, au moins l'un des deux fluides est confiné, c'est-à-dire forcé dans sa totalité de circuler dans un espace limité, cependant que l'autre peut ne l'être que partiellement ou pas du tout. C'est le cas, par exemple, des radiateurs de chauffage central à eau chaude, suivant qu'ils sont ou non partiellement coffrés. C'est également le cas de l'échangeur thermique d'une pompe à chaleur, parcouru par un gaz froid et immergé dans un cours d'eau. Lorsque les deux fluides concernés doivent être
- 15 confinés, notamment pour pouvoir être récupérés et recyclés, l'échangeur thermique à utiliser doit alors comprendre une ou plusieurs pièces internes, entourées par une pièce externe, toutes pourvues de tubulures de connexion, la pièce externe étant en outre calorifugée.

- Il existe plusieurs modes de fonctionnement des échangeurs thermiques : à contre-courant, co-courant et à courants croisés. L'avantage d'un échangeur, opérant à contre-courant, est qu'il permet de transférer,
- 20 du fluide chaud vers le fluide froid, pratiquement toute la différence de température qui existe entre eux. L'échangeur co-courant ne permet que d'atteindre une température intermédiaire entre celles des deux fluides. Quant à l'échangeur à courants croisés, sa structure étant différente de celle des précédents, il est moins efficace que celui à contre-courant mais cependant bien adapté à des usages particuliers (radiateurs usuels d'automobile, par exemple).

- 25 Les échangeurs thermiques doivent tous, pour avoir une efficacité maximale, présenter les caractéristiques suivantes : avoir (1) des surfaces actives, c'est-à-dire participant directement à l'échange thermique, aussi grandes que possible, (2) des épaisseurs de passage pour les deux fluides, à la fois faibles et sensiblement constantes tout le long des surfaces actives, afin que pratiquement toute la masse du ou des fluides confinés participe à l'échange, et (3) une section totale de passage importante pour le ou les fluides
- 30 confinés, proportionnelle à la puissance thermique à échanger, afin de minimiser les pertes de charge.

- Dans de nombreuses applications industrielles, les parois actives des échangeurs thermiques à contre-courant utilisés, sont réalisées en un métal bon conducteur de chaleur, adapté aux fluides concernés. De l'acier inoxydable d'un type particulier, donc onéreux, est, par exemple, nécessaire dans le cas où l'un des deux fluides est relativement corrosif (eau de mer, par exemple). Plusieurs modèles d'échangeurs thermi-
- 35 ques à contre-courant métalliques existent sur le marché. Ils sont, pour la plupart, constitués par un empilement de plaques rectangulaires de grandes dimensions, séparées les unes des autres par des joints étanches, permettant à chacune des faces de ces plaques d'être en contact avec un fluide différent. Pour être en accord avec les caractéristiques de tous les échangeurs thermiques visées ci-dessus, ce type d'appareil est nécessairement lourd et encombrant dans les trois dimensions. Afin de réduire les pertes, sa
- 40 forme optimale se rapproche du cube. Ces deux inconvénients s'ajoutent à celui de leur coût de fabrication élevé, qui résulte du nombre d'opérations à effectuer, proportionnel au nombre de plaques à assembler.

Dans le cas d'un échangeur thermique pour fluide corrosif, il faut en outre tenir compte du prix relativement élevé du métal utilisé.

On utilise également des échangeurs thermiques à contre-courant en matière plastique, pour les qualités d'inaltérabilité de ce matériau, qui leur permettent de supporter sans dommage la plupart des fluides corrosifs. A ce premier avantage, s'ajoutent leur poids et leur coût de matière première plus faibles. Ensemble, ces avantages compensent largement le déficit de conductivité thermique des matériaux plastiques et le fait que la température maximale des fluides concernés doit généralement être inférieure à 100 ou 120°C. Jusqu'à présent, il est courant de réaliser des échangeurs thermiques à contre-courant en plastique, au moyen d'un faisceau de tuyaux de petit diamètre, relativement longs, installés en quinconce dans un tuyau de grand diamètre. Les fluides interne et externe aux petits tuyaux circulent en sens inverse. L'avantage des tuyaux de petit diamètre est, bien entendu, d'augmenter au mieux les surfaces actives d'échange pour une section donnée du gros tuyau et de diminuer les épaisseurs maximales de fluide entourant ces petits tuyaux, ce qui améliore les échanges entre l'intérieur et l'extérieur de ces tuyaux. Mais ce type d'échangeurs thermiques présente un inconvénient majeur qui vient de ce qu'il faut réaliser un branchement étanche aux deux extrémités de chaque tuyau et, en outre, s'assurer que le faisceau constitué est, sur toute sa longueur, régulièrement disposé à l'intérieur du gros tuyau. Cela, pour que toutes les parois des tuyaux intérieurs soient entourées de la même épaisseur réduite de fluide, afin que l'échange thermique puisse s'effectuer dans les meilleures conditions. Cette opération de montage est, elle aussi, relativement coûteuse, du fait du grand nombre d'opérations minutieuses à effectuer qu'il comporte.

20

Le premier objet de l'invention est un échangeur thermique d'un type entièrement nouveau, à grande efficacité, encombrement limité, poids réduit, faible coût de production et, généralement, bonne tenue intrinsèque aux fluides corrosifs.

Le deuxième objet de l'invention est un tel échangeur thermique élémentaire, à grande surface d'échange, comportant une pièce active unique.

Le troisième objet de l'invention concerne un tel échangeur thermique élémentaire, facile à fabriquer à l'aide des machines-outils et des équipements usuels de production automatique de l'industrie.

Le quatrième objet de l'invention est une ébauche de cet échangeur thermique élémentaire, qu'une opération simple peut transformer en pièce active de cet échangeur.

Le cinquième objet de l'invention est un moule particulier, adapté à la fabrication d'une telle ébauche de la pièce active de cet échangeur thermique élémentaire.

Le sixième objet de l'invention concerne les procédés de fabrication de cette ébauche, au moyen de ce moule particulier, et ceux de réalisation de la pièce active à partir de cette ébauche.

Le septième objet de l'invention concerne une machine-outil pour transformer l'ébauche de la pièce active d'un l'échangeur thermique élémentaire en une pièce active définitive.

Selon l'invention, un échangeur thermique élémentaire à grande efficacité, encombrement limité, poids réduit, faible coût de production, en général réalisé en matériau inaltérable, est caractérisé en ce que :

- il est constitué par une pièce active unique allongée, à multiples replis longitudinaux ;
- la section droite de cette pièce active est en forme de colonne vertébrale de poisson, pourvue d'arêtes creuses, obliques et parallèles entre elles, constituant des paires d'arêtes symétriques qui se partagent un canal central commun;

- l'épaisseur interne de ces arêtes est très petite, et l'écart entre elles, de même que la largeur du canal commun, sont du même ordre de grandeur que cette épaisseur interne ;
  - le canal central commun occupe tout le plan de symétrie de l'empilement des paires d'arêtes longitudinales de la pièce active ;
- 5 - chaque paire d'arêtes longitudinales constitue un conduit élémentaire de la pièce active ;
- ces paires symétriques d'arêtes longitudinales creuses comportent des éléments centraux rectilignes dont les deux extrémités sont reliées les unes aux autres, par deux raccords creux, tous deux formés à partir de deux surfaces retournables ;
  - chaque conduit élémentaire de la pièce active possède deux collecteurs d'alimentation dont les axes sont
- 10 confondus avec les axes d'empilement de ces raccords d'extrémités ;
- l'une des extrémités de chaque collecteur se termine par l'une des deux tubulures de connexion de la pièce active.

Selon l'invention, une ébauche d'un tel échangeur thermique élémentaire est caractérisée en ce qu'elle comprend un empilement de soufflets biconvexes pourvus de raccords d'extrémités, cet empilement

15 étant comparable à un accordéon dont les soufflets auraient des crêtes arasées et des fonds étroits, avec des profondeurs de soufflets suffisamment importantes, en regard de la dimension transversale de l'ébauche, pour permettre auxdits raccords d'extrémités de constituer des surfaces retournables.

Grâce à ces dispositions, en réponse à une force de compression, parallèle à l'axe d'empilement des soufflets de l'ébauche, chaque demi-soufflet peut ainsi être retourné par rapport à un plan perpendiculaire à

20 cet axe. Ce retournement a pour effet de donner des valeurs sensiblement constantes, d'une part, à l'épaisseur interne des soufflets ainsi comprimés, qui deviennent les arêtes longitudinales de la pièce active visée ci-dessus, (la section droite de cette pièce est en forme de colonne vertébrale de poisson), et, d'autre part, à l'épaisseur de leurs espacements. Ces deux valeurs sont respectivement définies par celles des crêtes et des fonds des soufflets avant retournement. Un tel retournement est stable et il est rendu possible

25 par le fait que les raccords d'extrémités des éléments rectilignes des soufflets, sont des surfaces retournables, des demi-troncs de cône, par exemple. Ces surfaces possèdent une telle propriété parce que, dans le cas présent, la profondeur des soufflets de ces raccords est suffisamment importante en regard de la dimension transversale de l'ébauche. Une telle disposition est nécessaire puisque caractéristique d'une surface retournable. On sait en effet que le retournement d'une surface retournable comporte une courte

30 phase de flambage entre les deux états stables de cette surface. Un tel flambage ne peut exister que dans le cas où les soufflets sont relativement profonds en regard de la dimension transversale de l'ébauche, compte tenu de l'épaisseur de leur paroi et du module d'Young du matériau utilisé. A titre indicatif, la profondeur des soufflets pourra, par exemple, compte-tenu de ces deux paramètres, varier de 95 à 50% de la moitié de la dimension transversale de l'ébauche. On notera pour finir que, dans le cas d'un accordéon,

35 cette dimension relative des soufflets est, en général, de 10 à 15% seulement, ce qui a pour effet de permettre de plier et de déployer leurs raccords d'extrémités, sans avoir à surmonter la moindre contrainte particulière, due à un flambage de transition.

Selon l'invention, un échangeur thermique pour fluides confinés, qui comprend un ou plusieurs échangeurs élémentaires, installés dans une enveloppe, est caractérisé en ce que ;

40 - l'enveloppe est formée par deux demi-coquilles qui entourent complètement ce ou ces échangeurs élémentaires, en en épousant la ou les formes extérieures globales, tout en ménageant des espaces

étroits, à l'égard des surfaces convexes ou concaves de ces échangeurs élémentaires ainsi que des crêtes de leurs arêtes longitudinales et des raccords reliant ensemble ces arêtes ;

- chaque demi-coquille enveloppe une moitié longitudinale d'un échangeur élémentaire ou de l'ensemble formé par plusieurs échangeurs et comporte, à chacune de ses extrémités, une demi-tubulure de connexion, et dans son fond, une ou plusieurs ouvertures de fixation ;
- les bords de ces demi-coquilles et de ces demi-tubulures sont soudés les uns aux autres, et le ou les bords de cette ou de ces ouvertures, soudés à l'une des deux tubulures de connexion de cet échangeur ou de chacun de ces échangeurs .

Selon l'invention, le moule pour fabriquer une ébauche de la pièce active de l'échangeur thermique élémentaire, définie plus haut, comprend deux mâchoires métalliques, en forme de blocs parallélépipédiques, symétriques par rapport à leur plan de joint ;

- dans chacun de ces blocs, sont creusées des rainures rectilignes parallèles, relativement longues, chacune possédant une section droite en forme de trapèze isocèle ;
- le fond rectiligne de chaque rainure est étroit et correspond à la petite base de ce trapèze ;
- la crête rectiligne de chacun des bossages qui sépare deux rainures contiguës est étroite et peut avoir la même largeur que ce fond, moins deux fois l'épaisseur des parois de l'ébauche ;
- les crêtes des bossages de séparation des rainures sont parallèles au plan de joint et elles présentent un écart limité, généralement étroit, par rapport à ce plan, qui peut égaler la moitié de leur largeur ;
- l'angle formé, par les flancs obliques symétriques de chacune des rainures rectilignes du moule, est supérieur à un angle minimal de dépouille, imposé pour le démoulage de l'ébauche, et inférieur à un angle maximal de retournement, imposé par la limite de rupture du matériau utilisé pour le moulage ;
- les extrémités des flancs rectilignes des rainures se terminent par des surfaces symétriques retournables qui aboutissent au plan de joint du moule, les deux axes d'empilement de ces surfaces étant situés dans ce plan de joint ;
- ces deux axes d'empilement étant ceux des futurs collecteurs d'alimentation des conduits élémentaires de ladite pièce active, des portions de cylindre sont taillées dans chacun des bossages séparant deux rainures contiguës, afin de délimiter ces collecteurs ;
- l'une des extrémités de chacun de ces axes comporte une cavité semi-cylindrique, prévue pour mouler la moitié de l'une des deux tubulures de connexion d'un échangeur élémentaire, cette cavité étant, le cas échéant, pourvue d'un épaulement destiné à mouler le support de fixation d'une enveloppe de cette pièce active ;
- l'une de ces cavités semi-cylindriques débouche sur l'extérieur.

Selon l'invention, un procédé pour fabriquer une ébauche de la pièce active de l'échangeur thermique élémentaire défini ci-dessus, comprend les étapes suivantes :

- choisir un matériau thermosoufflable, conservant une bonne rigidité à au moins 100°C, tel que du verre ou de nombreux polymères,
- au moyen d'une extrudeuse, réaliser, avec ce matériau, un manchon pâteux relativement plat, ayant son extrémité basse fermée par soudure ;
- introduire ce manchon entre les deux mâchoires du moule défini ci-dessus ;
- fermer les mâchoires du moule et, à cette occasion, sceller par soudure l'extrémité haute du manchon en place et l'extrémité basse du manchon suivant ;
- insérer une buse dans la cavité ouverte des mâchoires du moule et lui faire perforer le manchon ;

- mettre un moment l'intérieur du manchon en communication avec une source de gaz sous pression, de manière à réaliser par thermosoufflage une ébauche de la pièce active, qui reproduit les rainures du moule et ressemble aux soufflets biconvexes d'un accordéon ;
- retirer la buse, ouvrir les mâchoires du moule et enlever l'ébauche.

5 Selon l'invention, un procédé, pour fabriquer en métal une ébauche de la pièce active de l'échangeur thermique élémentaire défini ci-dessus, est caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes:

- Introduire un tube métallique aplati, fermé à une première extrémité, entre les deux mâchoires d'un moule à haute résistance mécanique, du type défini ci-dessus, puis fermer ces mâchoires et, à cette occasion, sceller la seconde extrémité du tube en place, en même temps que la première extrémité du tube suivant ;
- 10 - insérer une buse dans la cavité ouverte du moule, de façon qu'elle soit engagée d'une manière étanche dans ce tube ;
- appliquer un très court instant, à l'intérieur du tube, une pression suffisante pour plaquer le métal sur les parois du moule, afin de réaliser à froid une ébauche à parois minces de la pièce active, qui reproduit les rainures du moule et ressemble aux soufflets biconvexes d'un accordéon ;
- 15 - retirer la buse, ouvrir les mâchoires du moule et enlever l'ébauche.

Selon l'invention, un procédé pour transformer une telle ébauche en une pièce active d'échangeur thermique élémentaire, cette ébauche ayant conservé ou, si besoin en est, retrouvé une souplesse minimale, consiste à lui appliquer une dépression intérieure et/ou une force de compression parallèle à l'axe d'empilement des soufflets, afin que les flancs des deux éléments rectilignes et des raccords d'extrémités d'un demi-soufflet extérieur, initialement convexes et orientés dans une première direction, puis tous les autres flancs orientés de même, se retournent par rapport à des plans perpendiculaires audit axe d'empilement et basculent vers tous les flancs des demi-soufflets, initialement symétriques des premiers, de telle manière que ces premiers flancs prennent ainsi une autre position stable, concave, symétrique de leur direction initiale.

25

Grâce aux dispositions concernant les angles des flancs des rainures des mâchoires du moule, les contraintes de moulage par thermosoufflage des matières plastiques puis celles de déformation des soufflets de l'ébauche sont respectées. Les premières contraintes imposent, au sommet de parties en relief de la pièce à réaliser, la présence d'un angle minimal de dépouille, par rapport à un plan transversal, perpendiculaire à l'axe d'empilement des soufflets (par exemple, au moins 15°). Cela, afin de permettre de démouler cette pièce, sans que celle-ci reste collée au moule. Quant aux secondes contraintes, elles imposent un angle maximal, par rapport à ce même plan transversal (par exemple, au plus 30°), des bords inclinés symétriques des reliefs de l'ébauche. Cela, afin de permettre, en fonction de la limite de rupture du matériau utilisé, un retournement autour de ce plan transversal, sans risque de fissures ou d'éclatement,

30 des flancs concernés de chacun des deux raccords retournables de chaque paire d'éléments rectilignes des demi-soufflets. Cette dernière opération est possible parce que chacune de ces paires d'éléments rectilignes reliées ensemble par deux surfaces retournables (deux demi-troncs de cône, par exemple) pour constituer un demi-soufflet, est un bistable mécanique, un peu comparable à celui que comportent de nombreux modèles d'interrupteurs électriques. En effet, en réponse à des forces de compression exercées

40 sur elles, parallèlement à leurs axes d'empilement, par la création d'une dépression interne et/ou par un piston de forme adéquate, les parois bistables des raccords retournables de ces demi-soufflets passent

brusquement, l'une après l'autre, d'une forme convexe à une forme concave, toutes deux parfaitement stables.

Pour ce qui est du formage à froid d'une ébauche en métal de la pièce active de l'échangeur, on notera que cette technique est connue dans l'industrie de l'emboutissage, sous le nom d'hydroformage.

5 Grâce à l'ensemble de ces dispositions, on réalise parfaitement les objets de l'invention, à savoir des échangeurs thermiques à contre-courant, à la fois conformes aux trois caractéristiques visées plus haut, nécessaires pour donner une grande efficacité à ce type d'appareils, qui, en outre, sont insensibles aux fluides corrosifs et ont un coût de production limité, principalement dû à l'absence totale d'opérations d'assemblage de la pièce active. Cette efficacité dépend de la conductibilité thermique et donc de  
10 l'épaisseur des parois de la pièce active. Cette épaisseur est une fonction, d'une part, de l'épaisseur du manchon pâteux ou du tube métallique visés plus haut et, d'autre part, du rapport de leur circonférence et du périmètre de la section droite de l'ébauche. Un même moule permet de réaliser des ébauches dont l'épaisseur des parois peut, en général, varier du simple au double.

La grande surface d'échange nécessaire à tout échangeur thermique est aisément obtenue dans le  
15 cadre de l'invention puisque les arêtes longitudinales de la pièce active peuvent être nombreuses (jusqu'à 30, par exemple) et relativement longues (jusqu'à 150 cm, par exemple). Cela compense la largeur individuelle nécessairement limitée (25 mm, par exemple) de ces arêtes, dans le cas où l'épaisseur de leurs parois est faible. En effet, toute pression différentielle notable, affectant des arêtes à parois minces, entraîne leur déformation, plus ou moins importante en fonction de leur largeur, et donc soit un écrasement  
20 de leurs espaces de séparation et une augmentation de leur épaisseur interne, soit le contraire. L'une ou l'autre de ces déformations entraîne une diminution de l'échange thermique réalisé. Lorsque l'on utilise un polymère pour fabriquer la pièce active de l'échangeur, les effets négatifs d'une telle pression différentielle peuvent cependant être assez facilement compensés, si l'on donne aux arêtes une largeur relativement plus importante que celle indiquée plus haut, tout en augmentant l'épaisseur des parois. Comme dans ce  
25 cas, les parois ont une faible conductivité thermique, cette double augmentation sera possible tant que la conductibilité thermique qui en résulte demeurera supérieure ou peu inférieure à celle du fluide devant circuler à l'intérieur de ces arêtes. A titre d'exemple, la conductivité thermique de nombreux polymères étant voisine de celle de l'eau, l'épaisseur des parois d'un échangeur thermique, réalisé en un tel matériau et destiné à traiter ce type de fluide, pourra, si besoin en est, être du même ordre de grandeur que  
30 l'épaisseur interne de ses arêtes creuses.

Les faibles épaisseurs respectives de passage des fluides dans l'échangeur sont déterminées par l'épaisseur interne des arêtes creuses et par celle de leurs espaces de séparation, ces deux épaisseurs étant sensiblement égales lorsque les deux fluides concernés sont de même nature. En revanche, lorsque l'un est un gaz et l'autre un liquide, leurs débits massiques et leurs capacités calorifiques respectifs seront  
35 pris en considération pour déterminer au mieux les épaisseurs des passages à réaliser.

La section totale de passage du fluide confiné dans l'échangeur est le produit de la section de chaque conduit élémentaire, formé par chaque paire d'arêtes longitudinales de la pièce active, par le nombre de ces arêtes. La surface de la section d'un conduit élémentaire est limitée pour les raisons exposées plus haut mais le nombre d'arêtes peut être relativement grand. En outre, lorsque la puissance thermique à  
40 échanger est importante, il est aisé de monter en parallèle plusieurs échangeurs thermiques, pourvus ou non d'enveloppes ou encore, d'installer plusieurs échangeurs thermiques élémentaires en parallèle dans une enveloppe unique.

Pour ce qui est de l'encombrement réduit d'un échangeur thermique selon l'invention, il découle du fait que, malgré une grande longueur possible, les deux dimensions de la section droite de son enveloppe sont faibles et proches l'une de l'autre dès lors qu'il ne comporte qu'une seule pièce active.

Pour ce qui est de son poids, il découle du fait que le polymère utilisé (du polypropylène, par exemple) a une densité relativement faible et que les parois de la pièce active et de son enveloppe, qui ensemble constituent l'appareil, ont des épaisseurs a priori limitées. Dans le cas de pièces actives en métal (acier inox ou titane, par exemple), l'épaisseur des parois peut demeurer faible du fait de la résistance mécanique élevée du métal, ce qui en compense la densité plus grande et permet à l'ensemble de conserver un poids réduit. On notera ici que la bonne tenue aux fluides corrosifs est une propriété intrinsèque de la plupart des polymères susceptibles d'être utilisés pour la fabrication des pièces composant l'échangeur thermique selon l'invention. Il en est évidemment de même des métaux spéciaux, prévus à cet effet.

Quant au prix de fabrication réduit l'appareil, il découle (1) du fait que, dans le cas d'un échangeur thermique pour deux fluides confinés, qui ne comporte qu'une seule pièce active, il comprend au plus trois pièces faciles à fabriquer et à assembler, (2) du petit nombre d'opérations automatiques à réaliser à cet effet et (3) de l'amortissement, sur un très grand nombre d'unités, du prix généralement élevé des moules. Quant aux équipements automatiques de mise en œuvre des procédés de fabrication, on notera qu'ils sont courants dans les ateliers de fabrication de récipients de toutes formes, en plastique ou en métal, et que les aménagements et les compléments à leur apporter selon l'invention, sont à la portée de tout professionnel du métier concerné.

On notera que l'emploi d'un polymère adéquat, et notamment du polypropylène, de l'ABS ou du polycarbonate, pour la fabrication des échangeurs thermiques élémentaires selon l'invention, sera le cas le plus général. Il en sera ainsi, à titre de premier exemple particulier, pour les radiateurs d'automobile qui comporteront un échangeur thermique élémentaire et son enveloppe. Dans ces radiateurs, l'eau de refroidissement du moteur circulera dans la pièce active et, à contre-courant tout autour de cette pièce, un flux d'air forcé. Au titre de second exemple particulier, on citera les radiateurs de chauffage central à eau chaude qui, en général, utiliseront plusieurs échangeurs thermiques élémentaires nus (sans enveloppe), installés en parallèle. Les échangeurs élémentaires en verre permettront de satisfaire les besoins de nombreux laboratoires de chimie et ceux réalisés en un métal approprié, les souhaits de certaines industries de haute technologie qui traitent des fluides corrosifs à température élevée.

Les caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront d'une manière plus précise des descriptions qui vont suivre, de formes de réalisation, données à titre d'exemples non limitatifs, illustrées par les dessins ci-après dans lesquels :

- la figure 1 représente à droite, une section longitudinale A<sub>1</sub> d'un échangeur thermique élémentaire selon l'invention, au centre, une section longitudinale B<sub>1</sub> de l'ébauche de cet échangeur et, à gauche, une vue de face C<sub>1</sub> de cette ébauche ou de cet échangeur ;
- la figure 2 représente une section transversale A<sub>2</sub> d'un échangeur thermique élémentaire selon l'invention et, au-dessus, une section transversale B<sub>2</sub> de l'ébauche de cet échangeur ;
- la figure 3 représente une vue en perspective du bloc constituant le demi-moule de fabrication de l'ébauche de la pièce active de l'échangeur thermique élémentaire selon l'invention ;
- la figure 4 représente en perspective la moitié de chacune des deux demi-coquilles de l'enveloppe d'un échangeur thermique élémentaire selon l'invention.

Selon les figures 1 et 2, la section transversale A<sub>2</sub> de l'échangeur thermique élémentaire selon l'invention, fait apparaître la section droite 10 de la pièce active de cet échangeur et celles 11a-b des deux demi-coquilles de son enveloppe. La section 10 de la pièce active a la forme d'une colonne vertébrale de poisson, pourvue de sept paires d'arêtes creuses 12, obliques et parallèles entre elles. La cavité intérieure 14 de chaque arête 12 est étroite et les deux arêtes symétriques d'une paire communiquent entre elles par un canal central commun 16, ayant sensiblement la même largeur interne que l'épaisseur de la cavité 14, soit par exemple, 2 mm. Les parois de ces arêtes 12 sont réalisées en un polymère, doué d'une bonne stabilité mécanique jusqu'à 100°C (du polypropylène, par exemple) et elles ont 0,5 mm d'épaisseur et une largeur de 25 mm. Si l'on en augmentait l'épaisseur, leur largeur pourrait faire de même, sans risque de dommages. L'écart 18 entre deux arêtes 12 est sensiblement égal à l'épaisseur interne de la cavité 14. La distance, entre les parois extérieures 13-15 des deux arêtes extrêmes de la section droite 10, est de 35 mm. La section longitudinale A<sub>1</sub> de la pièce active 20, selon le plan de coupe décalé 17 de la section A<sub>2</sub>, fait apparaître sept conduits élémentaires constitués par sept paires d'arêtes longitudinales creuses symétriques 22, disposées selon la section transversale B<sub>2</sub>. Ces arêtes longitudinales symétriques 22 se partagent le canal central commun 16, lequel occupe tout le plan de symétrie de l'échangeur. Les arêtes longitudinales 22 comprennent des éléments centraux rectilignes 23, dont les extrémités sont reliées entre elles par des demi-troncs de cônes 24 et 26 à parois creuses. Les centres de ces deux séries de demi-troncs de cônes sont alignés sur deux axes 25 et 27, à la fois parallèles entre eux, perpendiculaires aux lignes de crêtes des arêtes longitudinales 22 et situés dans leur plan de symétrie longitudinale. Ces axes 25-27 sont ceux des deux collecteurs d'alimentation de chacun des conduits élémentaires, constitués par chaque paire d'arêtes longitudinales symétriques 22. Ces collecteurs débouchent sur les deux tubulures de raccordement 28-30 de la pièce active 20, lesquelles sont représentées, disposées en sens inverses et pourvues d'épaulements de fixation 29-31 (voir A<sub>1</sub> et C<sub>1</sub>). L'entraxe des tubulures 28-30 peut être important mais, en pratique, il dépend des possibilités des machines disponibles pour la fabrication des ébauches des pièces actives des échangeurs élémentaires.

La section longitudinale B<sub>1</sub> de l'ébauche 32 de la pièce active 20 et celle de sa section transversale B<sub>2</sub> (figure 2) font apparaître que cette ébauche 32 a la forme d'un empilement de soufflets biconvexes 34, à flancs symétriques 33 a-b et 35 a-b, comparables à ceux d'un accordéon.. Sur les sections B<sub>1</sub> et B<sub>2</sub>, les soufflets représentés sont, par commodité, au nombre de quatre seulement. Selon la section B<sub>2</sub>, les crêtes opposées 36a et 36b de la paire d'arêtes de chaque soufflet sont arasées et larges de 2 mm, la distance qui sépare ces crêtes étant de 50 mm. Les fonds 38a-b de ces arêtes sont plats et ont la même largeur, 2 mm. La base de chaque soufflet 34 mesure 17 mm et l'angle au sommet formé par ses flancs symétriques 33a-b et 35a-b est de 30°, soit 15° de dépouille pour chaque flanc. Selon la vue de face C<sub>1</sub> et la section B<sub>1</sub>, les extrémités 40 et 42 de chaque soufflet 34 de l'ébauche 32 ont la forme de portions de troncs de cône, plus grandes que la moitié. Les centres de ces portions tronconiques sont alignés sur les axes 25-27 des ébauches des futurs collecteurs d'alimentation 44-46, lesquels ont 16 mm de diamètre et aboutissent aux tubulures de raccordement 28 et 30, représentées en A<sub>1</sub> et C<sub>1</sub>. La dimension longitudinale des soufflets 34 est, bien évidemment, celle indiquée pour les arêtes 22 de la section A<sub>1</sub>. Les jonctions convexes des éléments rectilignes 37a-b et 39a-b des deux demi-soufflets extérieurs de l'ébauche 32, comportent des bossages longitudinaux 41-43, destinés à servir d'appui aux centres des parois convexe et concave de

l'enveloppe de la pièce active 20 (voir en A<sub>2</sub>, la section droite 11a-b de cette enveloppe). La distance entre les bossages d'appui 41-43 est de 130 mm, pour une ébauche 32 à sept soufflets.

La figure 3 représente une vue perspective d'une des mâchoires, en forme de bloc parallélépipédique épais 54, du moule de fabrication de l'ébauche 32. Dans le cas d'une ébauche en polymère ou en verre, le bloc 54 pourra être en aluminium et, dans le cas où cette ébauche doit être en métal, ce bloc pourra être en acier à haute résistance mécanique. La face supérieure 56 du bloc 54, qui constitue le plan de joint du moule, comporte un nombre relativement important de rainures longitudinales contiguës 62. Ces rainures 62 comprennent une partie centrale rectiligne 64, possédant une section droite en forme de trapèze isocèle. Le fond rectiligne 66 de chaque rainure 62 est étroit et correspond à la petite base du trapèze. Les flancs 68a-b de ces rainures 62 sont identiques aux flancs 33a-35a de l'ébauche 32. Les crêtes rectilignes 70 des bossages de séparation de ces rainures 62, ont des largeurs identiques à celles des fonds 38a-b des soufflets 34 de la figure 2 (vue B<sub>2</sub>). Quant aux fonds 66 des rainures 62, leur largeur est celle de l'épaisseur interne des arêtes plus deux fois l'épaisseur de leurs parois, soit 3 mm, dans le cas de l'exemple présenté. Des portions symétriques de troncs de cône 67a-b et 69a-b (portions supérieures à un quart) constituent des prolongements des flancs obliques 68a-b des rainures rectilignes 62 et aboutissent au plan de joint 56 du moule. Les extrémités des fonds rectilignes étroits 66 des rainures 62 se prolongent par des quarts de cylindres 65a-b qui aboutissent au plan de joint 56. Des portions de surfaces cylindriques 72 et 74, de 17 mm de diamètre, taillées dans les bossages de séparation des rainures 62, au départ des portions de troncs de cône 67a-b et 69a-b, constituent des parties de moule, qui engendreront les bords des ébauches des collecteurs d'alimentation 44 et 46, représentés sur la vue B<sub>1</sub> de la figure 1. Les centres de ces portions de surfaces cylindriques 72-74 sont alignés sur les axes 25-27 de deux demi-cavités 76 et 78, (12 mm de diamètre), pourvues de demi-épaulements 77-79. Ces demi-cavités 76-78 sont creusées dans la face supérieure du bloc 54 et elles engendreront les tubulures de raccordement 28-30 de l'ébauche 32 et leurs épaulements 29-31. Ces axes 25-27 sont parallèles entre eux, perpendiculaires aux crêtes 70 des bossages de séparation des rainures 62 et situés dans le plan de joint 56 du moule. La demi-cavité 76 est ouverte sur l'extérieur.

La figure 4 représente en perspective en A<sub>4</sub> et B<sub>4</sub>, les vues partielles de deux demi-coquilles 80 et 82 qui, assemblées et soudées, constituent l'enveloppe de l'échangeur thermique élémentaire, selon l'invention. Ces deux demi-coquilles ont été fabriquées au moyen de techniques banales dans l'industrie (thermoformage d'une feuille de polymère ou emboutissage d'une feuille métallique). Chacune de ces demi-coquilles 80-82 est destinée à envelopper une moitié longitudinale de la pièce active 20 de l'échangeur élémentaire et à former les moitiés des deux tubulures de raccordement 94 et 110 de l'enveloppe.

La vue partielle A<sub>3</sub> de la demi-coquille 80 fait apparaître une paroi extérieure convexe 84, comportant, tout autour, un méplat continu étroit 85 et, au milieu, un bossage longitudinal de même largeur 86. Ce méplat et ce bossage sont respectivement adaptés à établir l'écart réduit prévu plus haut (à titre d'exemple, 2 mm) par rapport aux limites hors tout de la pièce active 20, à l'exception toutefois des bossages d'appui 41-43 de cette pièce active. A l'extrémité de la demi-coquille 80, apparaît en relief, la forme 88 de la portion de tronc de cône 40 (voir vue C<sub>1</sub> de la fig.1) qui assure le raccordement des deux éléments rectilignes de la paire d'arêtes longitudinales convexes extérieures 13 (voir vue A<sub>2</sub> de la fig.2). Au centre de la forme 88, apparaît une ouverture circulaire 90, dont l'entourage 92 est destiné à être appliqué et soudé à l'épaulement 29 de la tubulure de raccordement 28 de la pièce active 20. A l'extrémité de la demi-coquille 80, on aperçoit la partie extrême d'une demi-tubulure de raccordement 94 de l'enveloppe de la pièce active

20. Les flancs 96a-b de la demi-coquille 80 sont d'autant plus hauts que le nombre de paires d'arêtes longitudinales 22 est important. Deux rebords 98a-b entourent les bords extérieurs de la demi-coquille 80 (flancs 96a-b et demi-tubulure 94). Ces rebords apparaissent également en A<sub>2</sub> sur la fig.2.

----- La vue partielle B<sub>3</sub> de la demi-coquille 82 fait apparaître une paroi extérieure concave 100, comportant  
 5 tout autour, un méplat continu étroit 102 et, au milieu, un creux longitudinal de même largeur 104. Ce méplat et ce creux sont respectivement adaptés à établir un écart réduit, semblable à celui visé plus haut. A l'extrémité de la demi-coquille 82, apparaît en creux la forme 106 de la portion de tronc de cône 42 qui assure le raccordement des deux éléments rectilignes de la paire d'arêtes longitudinales concaves extérieures 15. Au centre de la forme 106, apparaît un disque 108, situé à l'opposé de l'ouverture 90 de la  
 10 demi-coquille 80. A l'extrémité de la demi-coquille 82, est disposée la demi-tubulure de raccordement 110 de l'enveloppe. Les flancs 112a-b de la demi-coquille 82 ont la même hauteur que ceux 96a-b de la demi-coquille 80. Deux rebords 114a-b entourent les bords extérieurs de la demi-coquille 82. Ces rebords 114a-b sont destinés à être soudés aux rebords 98a-b de la demi-coquille 80.

15 Grâce à ces dispositions, l'échangeur thermique selon l'invention apparaît avec les avantages de toutes ses caractéristiques de fabrication et d'emploi. Pour ce qui est de sa fabrication, on notera tout d'abord que les moules concernés font appel à des procédés usuels de fabrication et qu'ils seront utilisés dans le cadre de techniques banales dans l'industrie. Il en est de même des équipements à fonctionnement automatique tels que les extrudeuses, compresseurs et systèmes de déplacement, que l'on retrouve dans  
 20 tous les ateliers de fabrication de récipients de toutes formes, en polymère ou en verre, destinés à contenir les liquides les plus divers. Il en va de même des équipements opérant très haute pression, utilisés pour le formage à froid de pièces métalliques creuses.

A partir d'une ébauche, ayant la forme d'un empilement de soufflets biconvexes comparables à ceux d'un accordéon, sortant des moules selon l'invention, la transformation de cette ébauche 32 en une pièce  
 25 active 20 de l'échangeur thermique élémentaire selon l'invention, fait appel à une opération nouvelle en soi, réalisée au moyen d'une machine-outil particulière, adaptée à cet effet. Cette opération constitue un retournement brusque des demi-soufflets convexes de cette ébauche, orientés dans une première direction, vers leurs demi-soufflets symétriques, orientés dans une seconde direction. Cette opération, qui place dans un second état stable les demi-soufflets concernés (ils étaient convexes et ils deviennent  
 30 concaves), est réalisée en leur appliquant une force de compression parallèle à l'axe d'empilement des soufflets de l'ébauche. Cette force sera engendrée par une dépression contrôlée appliquée à l'intérieur de l'ébauche 32 et/ou par un piston à profil convexe, avançant à vitesse également contrôlée, associé à un appui fixe à profil concave. Ce piston et cet appui auront la même dimension longitudinale que les arêtes de la pièce active finalement réalisée. Dans le cas où la force de compression est engendrée par une  
 35 dépression, on notera que les forces omnidirectionnelles externes, qui en résulteront, agiront dans la direction du mouvement le plus aisé, à savoir l'axe d'empilement des soufflets de l'ébauche. On remarquera que les bascules bistables, constituées par les demi-soufflets de l'ébauche qui, dans leur second état stable, ont pris la forme des parois concaves d'arêtes longitudinales obliques et creuses, peuvent, à titre démonstratif, reprendre leur premier état, par la simple application d'une pression suffisante à l'intérieur de  
 40 la pièce active terminée, mais à condition toutefois que les parois de celle-ci aient conservé ou retrouvé une souplesse minimale.

Il est bien évidemment nécessaire, pour que toutes ces opérations soient possibles et se déroulent correctement, que l'ébauche introduite dans la machine particulière, devant effectuer un tel retournement, comporte des parois suffisamment souples. Cela, afin que leur limite de rupture soit relativement élevée et que le retournement des flancs concernés des raccords d'extrémité des soufflets puisse s'effectuer sans  
 5 risque de fissures ou d'éclatement. Au cas où le passage, du moule à la machine de compression de l'ébauche, comporterait un temps mort relativement important, cette ébauche se refroidirait et, notamment dans le cas du verre, pourrait voir sa souplesse abaissée en deçà de la limite minimale imposée par un bon retournement. Dans ce cas, la machine en question devrait, en amont, comporter des moyens pour réchauffer l'ébauche, afin de lui redonner la souplesse qui lui est nécessaire, pour que les demi-soufflets  
 10 concernés puissent être retournés sans dommages.

On notera que les raccords creux des éléments rectilignes des arêtes longitudinales d'un échangeur thermique élémentaire selon l'invention ainsi que les raccords biconvexes de son ébauche, qui ont été décrits ci-dessus, sont des portions de troncs de cône. Ce type de surface n'est bien entendu pas le seul à pouvoir être utilisé. En effet, toute surface retournable (une pyramide très évasée, à base carrée et sommet  
 15 arasé, est retournable par rapport à un plan de symétrie contenant sa base, par exemple) peut être utilisée pour constituer les raccords biconvexes d'extrémité des éléments rectilignes des soufflets de l'ébauche de la pièce active d'un échangeur thermique élémentaire selon l'invention.

Quant à la fabrication et à la mise en place de l'enveloppe de l'échangeur thermique élémentaire, on notera que ces opérations font également appel à des techniques banales dans l'industrie. Pour ce qui est  
 20 de la fixation des demi-coquilles sur les tubulures de raccordement de la pièce active, on pourra bien évidemment prévoir des rebords pour les ouvertures de fixation de ces demi-coquilles et supprimer les épaulements des tubulures. Quant aux orientations en sens opposés des tubulures de raccordement de la pièce active, il est évident que ces orientations différentes permettent une meilleure circulation des fluides à l'intérieur des pièces interne et externe, mais elles peuvent, sans dommage majeur, être identiques.

25 L'échangeur thermique à contre-courant selon l'invention ainsi réalisé présente, comme cela a été dit plus haut, toutes les caractéristiques nécessaires d'un appareil à haute efficacité et, en outre, des avantages d'encombrement, de poids, de tenue aux fluides corrosifs et de coût de fabrication qui le rendent particulièrement intéressant dans les secteurs de l'industrie les plus divers. Il n'est bien évidemment pas limitée aux formes de réalisations décrites.

30

35

40

## REVENDEICATIONS

- ..... 1. Echangeur thermique élémentaire à grande efficacité, encombrement limité, poids réduit, faible coût. ....
- 5 de production, en général, réalisé en matériau inaltérable, caractérisé en ce que :
- il est constitué par une pièce active unique allongée (20), à multiples replis longitudinaux ;
  - la section droite (10) de cette pièce active (20) est en forme de colonne vertébrale de poisson, pourvue d'arêtes creuses (12-14), obliques et parallèles entre elles, constituant des paires d'arêtes symétriques qui se partagent un canal central commun (16);
- 10 - l'épaisseur interne de ces arêtes (12-14) est très petite et l'écart (18) entre elles, de même que l'épaisseur du canal commun (16) sont du même ordre de grandeur que cette épaisseur interne ;
- le canal central commun (16) occupe tout le plan de symétrie de l'empilement des arêtes longitudinales (22) de la pièce active (20);
  - chaque paire d'arêtes longitudinales (22) constitue un conduit élémentaire de la pièce active (20) ;
- 15 - ces paires symétriques d'arêtes longitudinales creuses (22) comportent des éléments centraux rectilignes (23), dont les extrémités sont reliées les unes aux autres, par deux raccords creux (24-26), tous deux formés à partir de deux surfaces retournables ;
- les axes d'empilement de ces raccords (24-26) sont confondus avec ceux des deux collecteurs d'alimentation (44-46) de chaque conduit élémentaire de la pièce active ;
- 20 - l'une des extrémités de chaque collecteur (44-46) se termine par l'une des deux tubulures de connexion (28-30) de la pièce active (20) .

2. Ebauche d'un échangeur thermique élémentaire selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle comprend un empilement de soufflets biconvexes (33, 35 37 39) pourvus de raccords d'extrémités(40-42),

25 cet empilement étant comparable à un accordéon dont les soufflets auraient des crêtes arasées (36a-b) et des fonds étroits (38a-b), avec une profondeur de soufflets suffisamment importante, en regard de la dimension transversale de l'ébauche (32), pour permettre auxdits raccords d'extrémités de constituer des surfaces retournables.

- 30 3. Echangeur thermique pour fluides confinés, comprenant un ou plusieurs un échangeurs élémentaires selon la revendication 1, installés dans une enveloppe, caractérisé en ce que :
- l'enveloppe est formée par deux demi-coquilles (80-82) qui entourent complètement ce ou ces échangeurs, en en épousant la ou les formes extérieures globales, tout en ménageant des espaces étroits, à l'égard des surfaces convexes ou concaves de ces échangeurs élémentaires ainsi que des crêtes de
- 35 leurs arêtes longitudinales (22) et des raccords (24-26) reliant ensemble ces arêtes:
- chaque demi-coquille (80-82) enveloppe une moitié longitudinale d'un échangeur thermique ou de l'ensemble formé par plusieurs échangeurs et elle comporte, à chacune de ses extrémités, une demi-tubulure de connexion (94-110), et dans son fond, une ou plusieurs ouvertures de fixation (90) ;
  - les bords (98a-b et 114a-b) de ces demi-coquilles et de ces demi-tubulures sont soudés les uns aux
- 40 autres et le ou les bords (92) de cette ou de ces ouvertures, soudés à l'une des deux tubulures de connexion (28-30) de cet échangeur ou de chacun de ces échangeurs.

4. Moule pour fabriquer une ébauche (32) de la pièce active (20) de l'échangeur thermique élémentaire selon la revendication 1, caractérisé en ce que :

- il comprend deux mâchoires métalliques, en forme de blocs parallélépipédiques (54), symétriques par rapport à leur plan de joint (56) ;
- dans chacun de ces blocs (54), sont creusées des rainures rectilignes parallèles (62) relativement longues, chacune possédant une section droite en forme de trapèze isocèle ;
- le fond rectiligne (66) de chaque rainure (62) est étroit et correspond à la petite base de ce trapèze ;
- la crête rectiligne (70) de chacun des bossages, qui sépare deux rainures contiguës, est étroite et peut avoir la même largeur que ce fond (66), moins deux fois l'épaisseur des parois de l'ébauche (32) ;
- les crêtes (70) des bossages de séparation des rainures (62) sont parallèles au plan de joint (56) et elles présentent un écart limité, généralement étroit, par rapport à ce plan, qui peut égaler la moitié de leur largeur ;
- l'angle, formé par les flancs obliques symétriques (68a-b) de chacune des rainures rectilignes (62) du moule, est supérieur à un angle minimal de dépouille, imposé pour le démoulage de l'ébauche, et inférieur à un angle maximal de retournement, imposé par la limite de rupture du matériau utilisé pour le moulage ;
- les extrémités des flancs rectilignes (68a-b) des rainures (62) se terminent par des surfaces symétriques retournables (67a-b et 69a-b), aboutissant au plan de joint (56) du moule, les deux axes d'empilement (25-27) de ces surfaces étant situés dans ce plan de joint ;
- ces deux axes d'empilement (25-27) étant ceux des futurs collecteurs d'alimentation (44-46) des conduits élémentaires de la pièce active, des portions de cylindre (72-74) sont taillées dans chacun des bossages séparant deux rainures contiguës, afin de délimiter ces collecteurs ;
- l'une des deux extrémités de chacun de ces axes (25-27) comporte une cavité semi-cylindrique (76-78), prévue pour mouler la moitié de l'une des deux tubulures (28-30) de connexion de la pièce active (20), cette cavité étant, le cas échéant, pourvue d'un épaulement (77-79), destiné à mouler le support de fixation de l'enveloppe de cette pièce active ;
- l'une de ces cavités semi-cylindriques (76) débouche sur l'extérieur.

5. Procédé pour fabriquer une ébauche (32) de la pièce active (20) de l'échangeur thermique élémentaire, selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- choisir un matériau thermo-soufflable, conservant une bonne rigidité à au moins 100°C, tel que du verre ou de nombreux polymères ;
- au moyen d'une extrudeuse, réaliser, avec ce matériau, un manchon pâteux relativement plat ayant son extrémité basse fermée par soudure ;
- introduire ce manchon entre les deux mâchoires (54) du moule selon la revendication 4 ;
- fermer les mâchoires du moule et, à cette occasion, sceller par soudure l'extrémité haute du manchon en place et l'extrémité basse du manchon suivant ;
- insérer une buse dans la cavité ouverte (76) des mâchoires du moule et lui faire perforer le manchon ;
- mettre un moment l'intérieur du manchon en communication avec une source de gaz sous pression, de manière à réaliser par thermo-soufflage une ébauche (32) de la pièce active (20), qui reproduit les rainures (62) du moule et ressemble aux soufflets biconvexes d'un accordéon ;
- retirer la buse, ouvrir les mâchoires du moule et enlever l'ébauche (32).

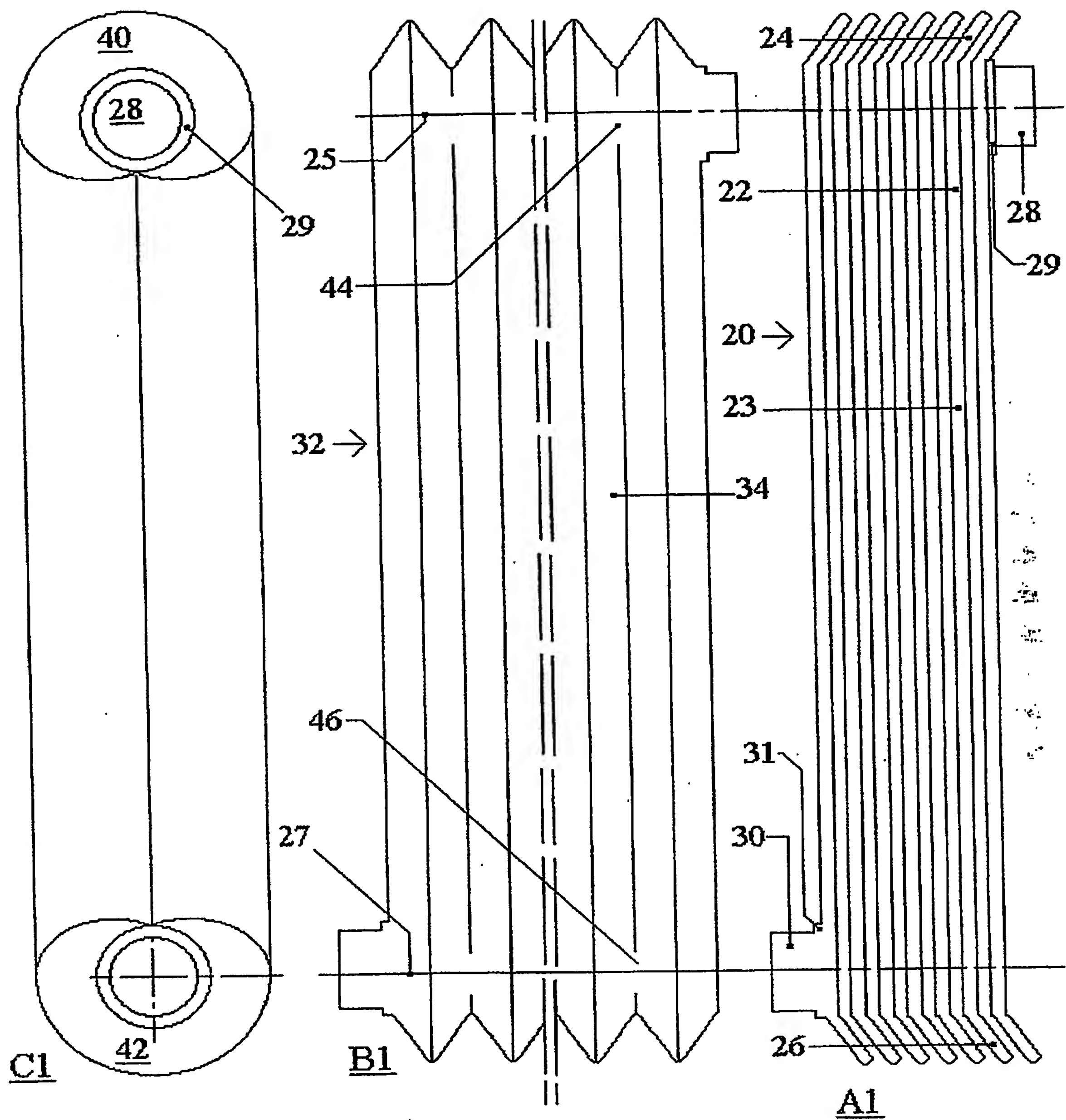
6. Procédé, pour fabriquer en métal l'ébauche (32) de la pièce active (20) d'un échangeur thermique élémentaire, selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- introduire un tube métallique aplati, fermé à une première extrémité, entre les deux mâchoires (54) d'un moule à haute résistance mécanique, selon la revendication 4, puis fermer ces mâchoires et, à cette occasion, sceller la seconde extrémité du tube en place et la première extrémité du suivant ;
- insérer une buse dans la cavité ouverte (76) du moule, de façon qu'elle soit engagée d'une manière étanche dans ce tube ;
- appliquer un très court instant, à l'intérieur du tube, une pression suffisante pour plaquer le métal sur les parois du moule, afin de réaliser à froid une ébauche (32) à parois minces de la pièce active (20), qui reproduit les rainures (62) du moule et ressemble aux soufflets biconvexes d'un accordéon ;
- retirer la buse, ouvrir les mâchoires (54) du moule et enlever l'ébauche (32).

7. Procédé pour transformer en pièce active (20) de l'échangeur thermique élémentaire, selon la revendication 1, une ébauche (32), selon la revendication 2, comprenant un empilement de soufflets biconvexes ayant conservé ou, si besoin en est, retrouvé une souplesse minimale, caractérisé en ce qu'il consiste à appliquer à cette ébauche, une dépression intérieure et/ou une force de compression parallèle à l'axe d'empilement des soufflets, afin que les flancs (37a-b) des éléments rectilignes et des raccords d'extrémités (40-42) d'un demi-soufflet extérieur, initialement convexes et orientés dans une première direction, puis tous les autres flancs (35a-b) orientés de même, se retournent par rapport à des plans perpendiculaires audit axe d'empilement et basculent vers tous les flancs convexes (33a-b) des demi-soufflets orientés dans une seconde direction, de telle manière que ces premiers flancs (37a-b et 35a-b) prennent ainsi une autre position stable, concave, parallèle à la seconde direction.

8. Machine-outil pour transformer une ébauche (32), selon la revendication 2, produite au moyen d'un moule selon la revendication 4, en la pièce active (20) d'un échangeur thermique élémentaire, selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle comporte :

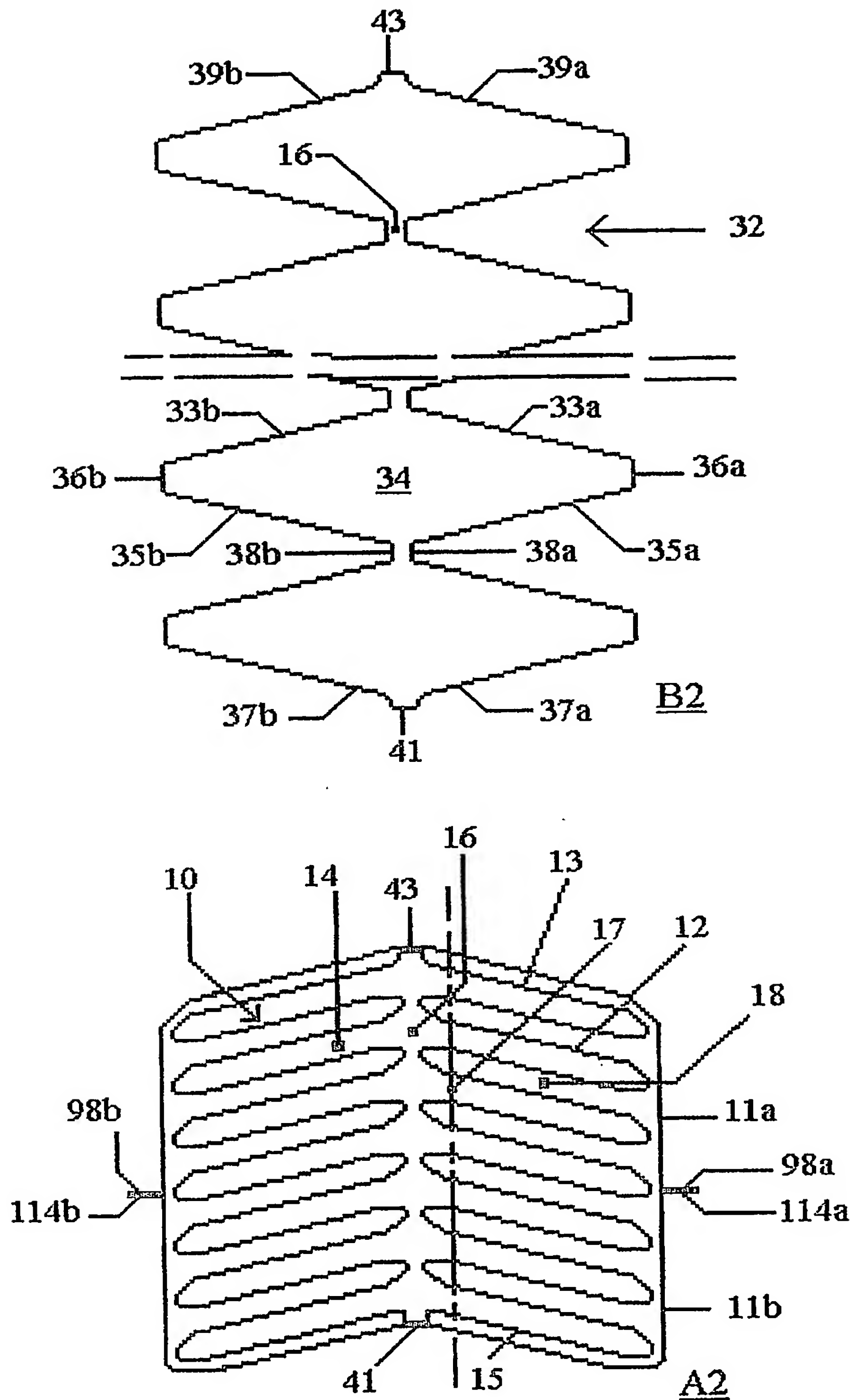
- des moyens pour réchauffer cette ébauche (32) et lui redonner une souplesse minimale, au cas où cela serait nécessaire ;
- des moyens pour appliquer une force de compression parallèle à l'axe d'empilement des soufflets de l'ébauche (32), ladite force étant engendrée par une dépression contrôlée, appliquée à l'intérieur de l'ébauche, et/ou créée entre un appui fixe et un piston mobile, avançant à vitesse contrôlée, cet appui et ce piston ayant l'un, une forme concave et l'autre, une forme convexe, épousant celles des extrémités de même forme de la pièce active réalisée (20).



# FIGURE 1

FIGURE 2

Planche 2/4



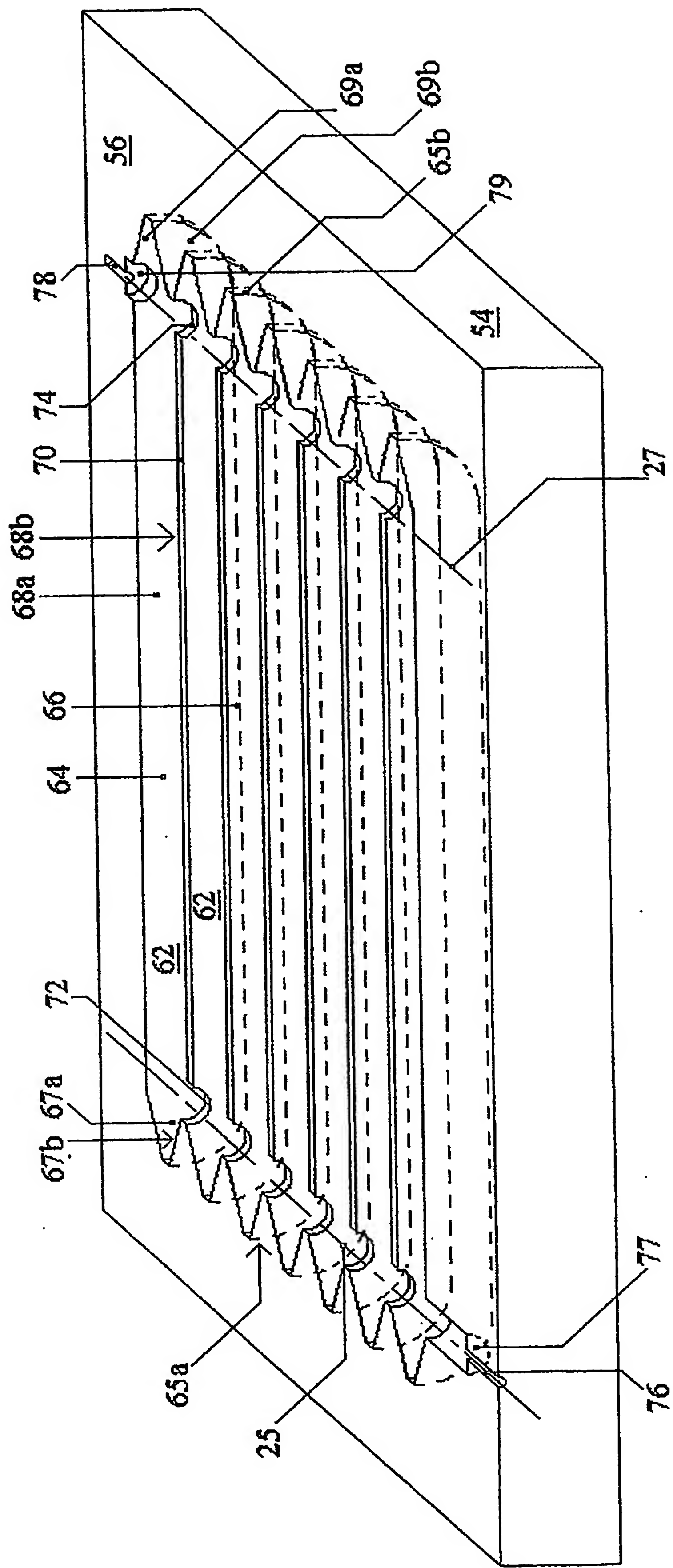
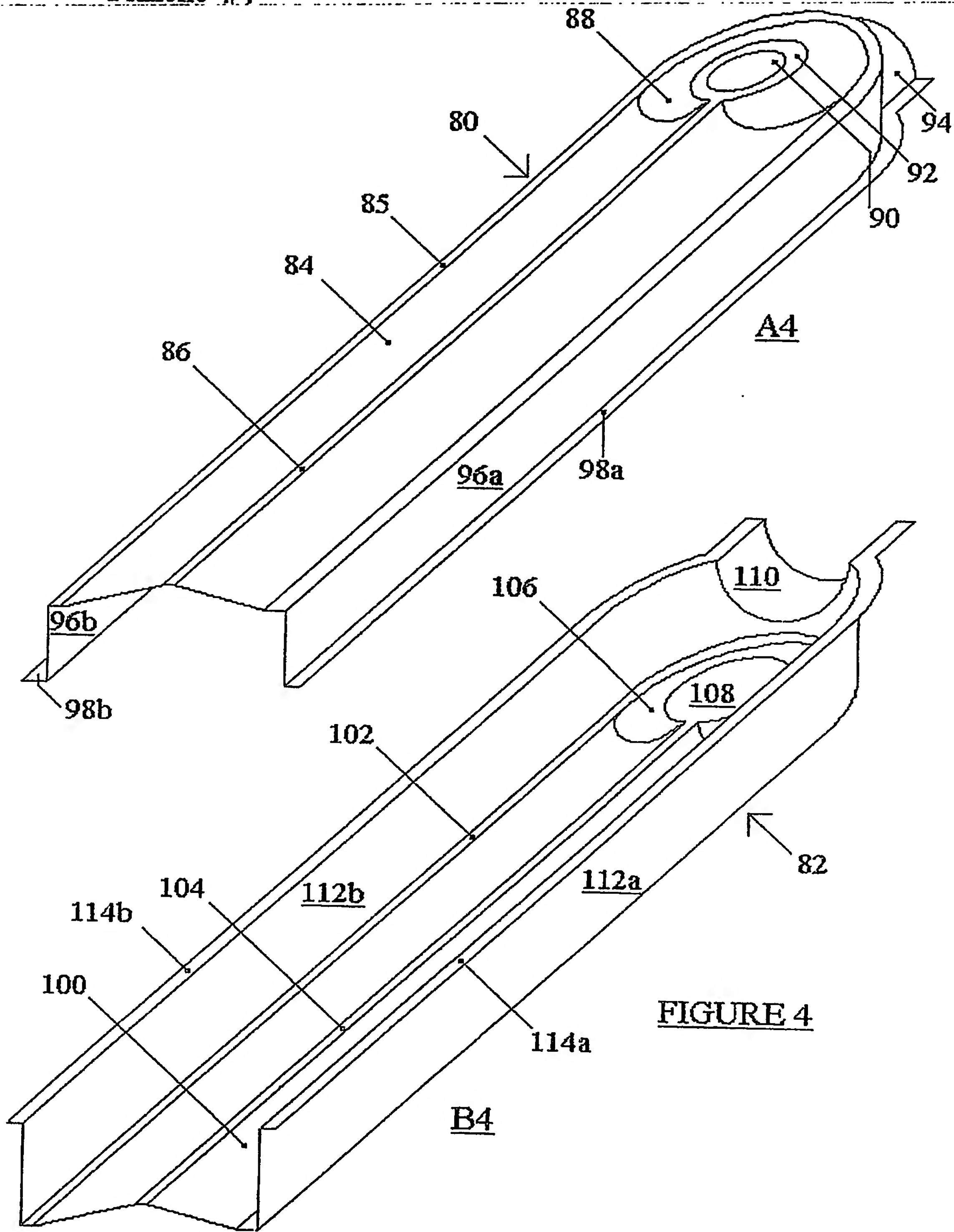


FIGURE 3

Planche 4/4



DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg

75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

**DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S)** Page N° ./. / ./. .

(À fournir dans le cas où les demandeurs et les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)

**INV**

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

Publ. 21/501

Vos références pour ce dossier (facultatif)

N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL

TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)

ECHANGEUR THERMIQUE  
PROCEDES ET MOYENS DE FABRICATION DE CET ECHANGEUR

LE(S) DEMANDEUR(S) :

TECHNOLOGIES DE L'ECHANGE THERMIQUE / TET

DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :

<input checked="" type="checkbox"/> 1		Nom	DOMEN
		Prénoms	Jean - Paul
Adresse	Rue	Le Bois Tranché	
	Code postal et ville	49320 VAUCHERETEN	
		Société d'appartenance (facultatif)	
<input checked="" type="checkbox"/> 2		Nom	
		Prénoms	
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
		Société d'appartenance (facultatif)	
<input checked="" type="checkbox"/> 3		Nom	
		Prénoms	
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
		Société d'appartenance (facultatif)	

S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages.

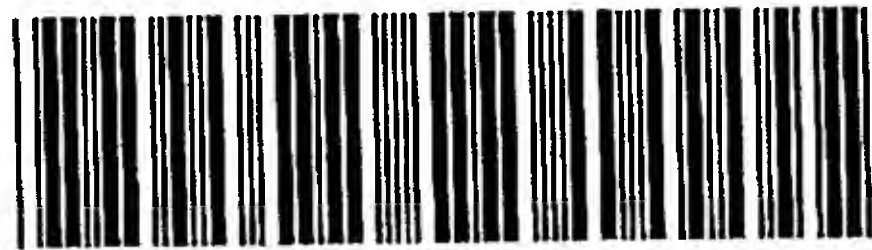
DATE ET SIGNATURE(S)  
DU (DES) DEMANDEUR(S)  
OU DU MANDATAIRE  
(Nom et qualité du signataire)

Le 13 décembre 2002

*Antoine LE MASSON*

Antoine LE MASSON  
Fondeur de Pouvoir de TET

PCT Application  
PCT/FR2003/003692



**BEST AVAILABLE COPY**